

## Dendroclimatic potential of *Pinus pinceana* Gordon in the Sierra Madre Oriental

### Potencial dendroclimático de *Pinus pinceana* Gordon en la Sierra Madre Oriental

Miriam Santillán Hernández<sup>1</sup>, Eladio H. Cornejo Oviedo<sup>2\*</sup>, José Villanueva Díaz<sup>3</sup>, Julián Cerano Paredes<sup>3</sup>, Salvador Valencia Manzo<sup>2</sup> y Miguel Ángel Capó Arteaga<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Se determinó la sensibilidad climática de *Pinus pinceana* Gordon y su potencial para reconstrucciones climáticas en diez de sus poblaciones localizadas en la región noreste (Coahuila), norte-centro (Zacatecas y San Luís Potosí) y centro (Hidalgo y Querétaro) de México. Se fecharon al año de formación de sus crecimientos anuales las poblaciones del noreste, centro-norte y centro de la República Mexicana; excepto la población del Arenalito en la cual no se encontró un patrón similar de crecimiento. En las poblaciones del centro se encontraron los árboles más jóvenes y como resultado se generaron cronologías de corta extensión; en contraste, en los sitios del noreste se encontraron los árboles de mayor edad.

---

<sup>1</sup>Programa Docente de Postgrado en Ciencias Forestales. Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo. Coah. [edafo96@hotmail.com](mailto:edafo96@hotmail.com)

<sup>2</sup>Profesor-Investigador. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo. Coah. [cor61@prodigy.net.mx](mailto:cor61@prodigy.net.mx), [svalencia@uaaan.mx](mailto:svalencia@uaaan.mx), [macapo@uaaan.mx](mailto:macapo@uaaan.mx)

<sup>3</sup>Investigador. Laboratorio de Dendrocronología. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA. Gómez Palacio. Dgo. [villanueva.jose@inifap.gob.mx](mailto:villanueva.jose@inifap.gob.mx), [cerano.julian@inifap.gob.mx](mailto:cerano.julian@inifap.gob.mx)

\* Autor para correspondencia

Los valores de correlación entre series de crecimiento (0.61 a 0.77), sensibilidad media (0.49 a 0.69) y relación señal-ruido (11.72 a 33.64), fueron altas para las series dendrocronológicas generadas.

Los parámetros estadísticos indican que *Pinus pinceana* es climáticamente sensible, además muestra una respuesta similar a otras coníferas del norte de México empleadas en análisis dendrocronológicos previos. Con base en el análisis de función de respuesta, se determinó que las poblaciones del noreste y centro-norte responden de manera significativa al período común de precipitación estacional enero-julio (estaciones invierno-primavera). Las poblaciones del centro no mostraron una respuesta significativa a la precipitación. La identificación de anillos con crecimiento reducido fue clave para encontrar patrones de crecimiento y realizar el fechado cruzado, básico para la generación de índices dendrocronológicos.

**Palabras clave:** *Pinus pinceana*, dendroclimatología, sensibilidad media, anillos de árboles, México.

## ABSTRACT

The climate sensitivity of ten populations of *Pinus pinceana* Gordon was determined to analyze their potential for climate reconstruction purposes. The *P. pinceana* populations are distributed along a latitudinal gradient of the Sierra Madre Oriental and for this study are named northeast region (Coahuila), north-central region (Zacatecas y San Luis Potosi), and central region (Hidalgo, Queretaro). All populations were dated to the year of the annual growth formation except a population called "Arenalito" in the central region. The youngest trees were found at populations in the central region (MAG, TEP, and CRI), therefore short tree-ring chronologies were developed for these sites. In contrast, for the northeast region the populations PAL and NOR had the oldest trees and long chronologies were developed for these sites. Intercorrelation values ( $0.61 \leq r \leq 0.77$ ), mean sensitivity (0.49 to 0.69), and sign-to noise ratio (11.72 to 33.64) are considered high for dendrochronological purposes. The statistic parameters derived from the ARSTAN software indicated that *P. pinceana* is climate sensitive and shows a similar behavior to other conifer species currently used for dendroclimatic studies in northern Mexico. Response function analysis indicated that the populations located in the northeast and north-central regions significantly responded to the seasonal January-June precipitation (winter-spring seasons), but the central populations did not show a

clear response. Defining patterns of reduced annual growth are basic to date this species.

**Key words:** *Pinus pinceana*, dendroclimatology, mean sensitivity, tree rings, Sierra Madre Oriental

## INTRODUCCIÓN

Los dendrocronólogos se refieren al término sensibilidad como la capacidad que tienen los árboles de una región determinada para reflejar la variabilidad climática a través de las fluctuaciones en el grosor de sus anillos. Esta condición puede ser observada en series tomadas de un conjunto de árboles que habitan una misma área y que presentan los mismos patrones de crecimiento en la variación de sus anillos; cuando esto sucede, se dice entonces que los árboles responden al mismo factor climático; es decir, son climáticamente sensibles (Fritts, 1976).

Los registros de los anillos de los árboles de coníferas sensibles al clima proveen de una alta resolución aproximada y pueden ser usados para extender registros de la precipitación y de otras variables climáticas más allá de los registros históricos a los que se tiene acceso, a través de la generación de series de tiempo dendrocronológicas (Fritts, 1976).

En México existe una gran diversidad biológica de especies sensibles con potencial dendrocronológico. A pesar de ello, se ha generado poca

investigación con relación a los anillos de crecimiento (Villanueva *et al.*, 2003), no obstante, que en la región noreste del país existen especies sensibles con alto potencial que son importantes para conocer la variabilidad climática en esta región (González-Elizondo *et al.*, 2005).

En la actualidad, los estudios dendrocronológicos han tenido un surgimiento reciente en México debido a la importancia científica que reviste el conocimiento del cambio climático global, impacto de patrones de circulación atmosférica y su efecto en el ciclo hidrológico, y en la disponibilidad actual y futura de los recursos hídricos, de alto impacto en actividades productivas y para consumo humano en el norte de México (Villanueva *et al.*, 2007).

Las cronologías de anillos de árboles resultan, particularmente, importantes en el país debido a que la mayoría de ellas están bien correlacionadas con la precipitación invernal y con los índices de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) (Stahle *et al.*, 2000). La influencia climática del ENSO se refleja en cronologías derivadas de coníferas del norte y noreste de México (Villanueva *et al.*, 2004). Las reconstrucciones climáticas pueden ayudar a definir el impacto histórico de este fenómeno en la región y ayudar a estimar la probabilidad de sequías extremas en el futuro (Pohl *et al.*, 2003).

La mayoría de los estudios dendrocronológicos en el noreste de México se han desarrollado principalmente con los géneros *Pseudotsuga* (Villanueva, et al., 2003), y algunas especies de *Pinus* como *Pinus lagunae* y *Pinus cembroides* (Díaz et al., 2001; Constante, 2007) por lo que, en este estudio se analiza el potencial de *Pinus pinceana* para determinar su sensibilidad climática y la factibilidad para desarrollar reconstrucciones dendroclimáticas.

*Pinus pinceana* es una especie de pino piñonero que constituye una comunidad natural importante en la región semiárida de la Sierra Madre Oriental de México, donde cohabita con otros piñoneros (Suzán et al., 2002). La especie se distribuye en los estados de Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, San Luís Potosí, Hidalgo y Querétaro (Perry, 1991) y esta considerada como una especie endémica y bajo protección especial por la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-1994 (SEMARNAT, 1994) y estudios dendrocronológicos pueden contribuir a desarrollar acciones para su conservación.

Los objetivos de este estudio son determinar el potencial dendroclimático de *Pinus pinceana* y comparar su sensibilidad climática en diez de sus poblaciones en un gradiente latitudinal de su área de distribución natural; así mismo, analizar el potencial de la especie para la reconstrucción de variables climáticas.

## METODOLOGÍA

Las poblaciones estudiadas de *Pinus pinceana* se localizan en el centro y norte de la Sierra Madre Oriental. En el estado de Hidalgo se consideraron los rodales de San Cristóbal y el Arenalito; en Querétaro, el Tepozán y Maguey Verde; en Zacatecas, San José Carbonerillas y Cañón de las Bocas; en San Luis Potosí, La Trinidad y Matehualilla y en el estado de Coahuila, Palmas Altas y Norias (Fig. 1).

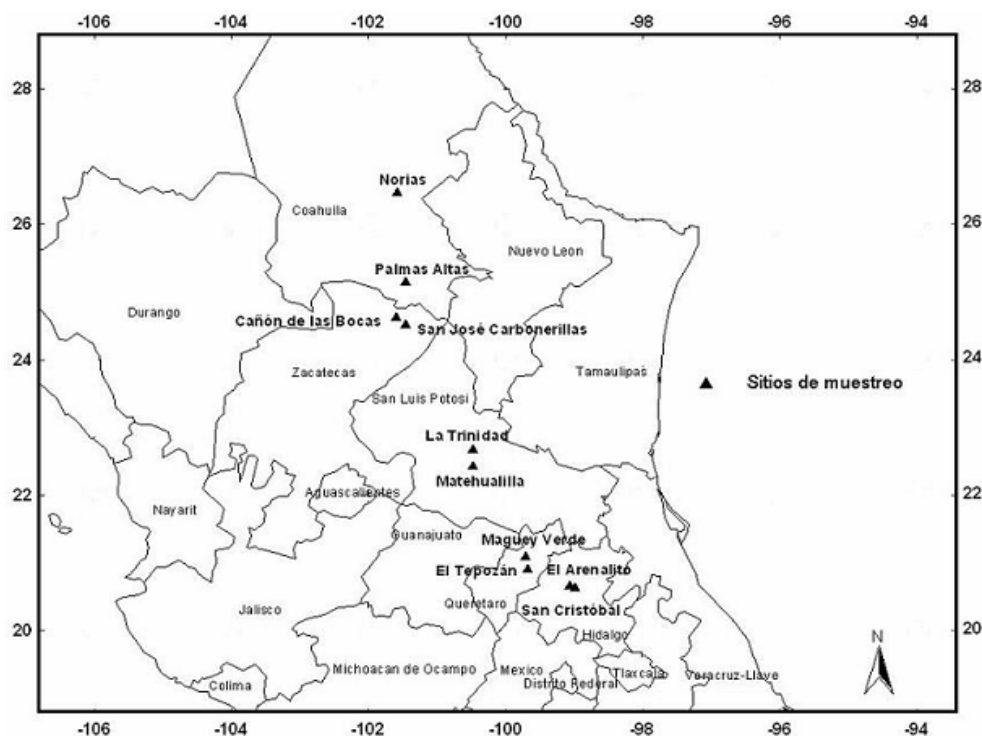


Figura 1. Ubicación geográfica de diez poblaciones estudiadas de *Pinus pinceana* Gordon en un gradiente latitudinal de la Sierra Madre Oriental; región noreste (Norias = NOR, Palmas Altas = PAL); región centro-norte (Cañón de las Bocas = CAN, San José Carbonerillas = CAR, La Trinidad = TRI y Matehualilla = MAT); región centro (Maguey Verde = MAG, El Tepozán = TEP, San Cristóbal = CRI, El Arenalito = ARE).



Los sitios se muestrearon en el período de abril a diciembre del 2005. Se utilizó el muestreo selectivo, es decir, se seleccionaron individuos de apariencia longeva localizados en la ladera con alta insolación (Villanueva *et al.*, 2005). Se extrajeron de uno a tres núcleos de crecimiento por árbol distribuidos en la periferia del fuste principal tratando de obtener la muestra lo más cercano al centro del árbol a una altura de 1.30 m con un taladro de Pressler. Las muestras se montaron en molduras de madera para facilitar su manejo, las cuales se pulieron con lijas de número 120 a 1200 para una mejor diferenciación de los anillos de crecimiento. El fechado de las series de crecimiento se llevó a cabo a través de técnicas dendrocronológicas estándar (Stokes y Smiley, 1968; Holmes, 1983), en el Laboratorio de Dendrocronología del INIFAP CENID-RASPA en Gómez Palacio, Durango. Fechadas las muestras, cada crecimiento individual se midió con un sistema VELMEX con una resolución de 0.001 mm. La calidad del fechado y medición se verificó con el programa COFECHA (Holmes, 1983; Grisino-Mayer, 2001).

Las series de tiempo dendrocronológicas generadas y las tendencias biológicas como edad, competencia y liberación no relacionadas con clima, se removieron con el programa ARSTAN, al ajustar una curva exponencial negativa y luego dividir cada valor anual de medición entre el valor obtenido de la curva. Esto generó series de tiempo normalizadas (Cook, 1987).

En función de los estadísticos de sensibilidad y correlación entre series generados por COFECHA, relación señal ruido, autocorrelación de primer orden y desviación estándar obtenidos con ARSTAN, se determinó el potencial dendrocronológico de la especie para las diferentes poblaciones.

La respuesta climática o potencial de la especie para registrar la variabilidad en la precipitación se determinó mediante una función de respuesta con el programa PRECON (Fritts, 1999).

## RESULTADOS

Se determinó el potencial dendrocronológico de *Pinus pinceana* mediante el análisis de series de crecimiento, logrando analizar el mayor número de series en la región centro-norte. En las poblaciones TRI y CAN se fecharon 49 y 46 series, respectivamente. La menor cantidad de series se analizó para la región centro en TEP y CRI con 6 y 14 series, respectivamente (Tabla 2).

La edad del arbolado definido por la extensión de las muestras analizadas fue variable entre poblaciones, así en la región noroeste, el sitio PAL tuvo en promedio 110 años; en la región centro-norte, MAT con 97 años y CAN y CAR con 90 años. Para el centro, TEP y CRI tuvieron en promedio 43 y 44 años, respectivamente.

Los estadísticos derivados del análisis de COFECHA y ARSTAN que definen la calidad de la información climática obtenida de las cronologías de *Pinus pinceana* son la correlación, sensibilidad media, desviación estándar, relación señal-ruido y autocorrelación de primer orden (Holmes, 1983; Cook, 1987).

Se obtuvieron valores altos de correlación los cuales se encontraron en valores de 0.61 a 0.77 en las poblaciones del noreste NOR y PAL los cuales corresponden al valor más bajo y más alto (Tabla 1).

Se encontraron altos valores de sensibilidad promedio el cual se encontró en valores de 0.49 a 0.69 en la población CAN de la región centro-norte y en MAT de la misma región (Tabla 1).

La desviación estándar fue mayor en la parte centro del rango de distribución de *Pinus pinceana* con un valor de 0.47 para CRI y de 0.46 para PAL. La población NOR ubicada en el noreste indicó un valor de 0.32 (Tabla 1).

La autocorrelación indicó similitud entre las series de crecimiento; de esta manera se obtuvieron valores de 0.20 a 0.29 para las poblaciones TRI y CAR ubicadas en el centro-norte y noreste. Este parámetro fue muy variable para la parte centro, con valores de 0.09 a 0.39 en TEP y CRI, respectivamente (Tabla 1).

La especie registró valores de señal-ruido de 34.63 a 33.64 para los sitios CAR y CAN. Este parámetro decreció para los sitios MAG y TEP con valores de 1.35 y 11.72, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Calidad de la respuesta climática para diez poblaciones de *Pinus pinceana* Gordon en su rango de distribución natural en el centro y noreste de México.

Región	Estado	Población	Serie Fecha	Correlación	Sensibilidad promedio	Desviación estándar	Autocorrelación de primer orden	Relación señal- ruido
Noreste	Coahuila	NOR	43	0.61	0.53	0.32	0.21	14.69
		PAL	25	0.77	0.59	0.46	0.28	30.02
Centro- norte	Zacatecas	CAN	46	0.74	0.49	0.36	0.27	33.64
		CAR	43	0.72	0.61	0.42	0.29	34.63
	San Luis Potosí	MAT	49	0.69	0.69	0.45	0.27	28.90
		TRI	33	0.69	0.64	0.45	0.20	29.41
Centro	Querétaro	MAG	16	0.69	0.56	0.43	0.23	11.72
		TEP	6	0.63	0.51	0.38	0.09	1.35
	Hidalgo	CRI	14	0.75	0.56	0.47	0.39	15.83
		ARE	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

NOR = Las Norias; PAL= Palmas Altas; MAT = Matehualilla; TRI = La Trinidad; CAN = Cañón de las Bocas; CAR = San José Carbonerillas; MAG = Maguey Verde; TEP = El Tepozán; CRI = San Cristóbal.

## Problemas de fechado

El fechado en la población ARE no fue posible debido a que no se encontró un patrón definido en su crecimiento. En algunos sitios uno de los principales problemas encontrados para el fechado fue el porcentaje de anillos ausentes, los sitios de la región centro-norte tuvieron los más altos valores, con 3.68 y 3.53% para las poblaciones TRI y MAT, respectivamente, ambas pertenecientes al estado de San Luis Potosí. La población NOR en Coahuila mostró el menor valor (0.43%) de anillos ausentes (Tabla 2).

Las poblaciones que presentaron problemas de anillos falsos fueron ARE con 12%, CRI con 10% y TEP con 2%; situación que dificultó la generación de los índices dendrocronológicos.

Las poblaciones CAN, CAR, MAT y TRI presentaron gran cantidad de microanillos, aunque no se realizaron conteos específicos para determinar el porcentaje que estos representan.

Tabla 2. Problemas potenciales para el fechado de las series de crecimiento de diez poblaciones de *Pinus pinceana* Gordon en su rango de distribución natural.

Región	Estado	Población	Muestras analizadas	Promedio de anillos por sitio	Anillos ausentes (%)	Anillos Falsos (%)
Noreste	Coahuila	NOR	43	65	0.43	0
		PAL	25	110	2.26	0
Centro-norte	Zacatecas	CAN	46	90	1.27	0
		CAR	43	90	2.93	0
	Potosí	San Luis MAT	33	97	3.53	0
		TRI	49	70	3.68	0
Centro	Querétaro	MAG	16	79	2.68	0
		TEP	6	43	0.00	2
	Hidalgo	CRI	14	44	0.00	10
		ARE	0	0	0.00	12

NOR = Las Norias; PAL = Palmas Altas; MAT = Matehualilla; TRI = La Trinidad; CAN = Cañón de las Bocas; CAR = San José Carbonerillas; MAG = Maguey Verde; TEP = El Tepozán; CRI = San Cristóbal.

#### Función de respuesta

Para cada región se desarrolló un análisis de función de respuesta con base a los índices de crecimiento y los datos de precipitación observados para el período de 1950 a 1998. Se consideraron 14 meses de precipitación, que se extienden de julio del año previo a agosto del año de crecimiento.

En la región noreste se encontró que los meses de diciembre, febrero, mayo y julio respondieron de manera significativa ( $p < 0.05$ ) al crecimiento de la

especie, mientras que los meses de enero, marzo, abril y agosto influyen de manera positiva aunque no significativa ( $p > 0.05$ ) (Fig.2a).

En la región centro–norte los meses que influyeron de manera significativa ( $p < 0.05$ ) fueron diciembre del año previo al crecimiento y enero, febrero, marzo, mayo y julio del año actual de crecimiento; abril influye de manera positiva pero no significativa ( $p > 0.05$ ) en el crecimiento (Fig. 2b y 2c).

El análisis de función de respuesta para las poblaciones del noreste y centro-norte muestran una misma correlación significativa ( $p < 0.05$ ) para los meses de diciembre del año previo y febrero, marzo, mayo, julio y agosto del año actual de crecimiento; los meses de enero, abril y junio muestran una correlación no significativa ( $p > 0.05$ ). Ambas regiones indican una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) para el período de precipitación estacional enero-julio, lo que indica que el crecimiento de la especie en esta parte de la República Mexicana está influenciado por el período de precipitación invierno-primavera (Fig. 2).

La respuesta de la especie en la región centro no presentó un período de lluvia común que defina su crecimiento; el análisis de función de respuesta para la población de Maguey Verde, Querétaro mostró que los meses de enero, mayo y agosto se relacionan de manera significativa ( $p < 0.05$ ) con el



crecimiento; los meses de marzo y abril presentan una influencia positiva, aunque no significativa ( $p > 0.05$ ); mientras que los meses de febrero, junio y julio se relaciona de manera negativa (Fig. 3a).

De manera similar para el sitio de San Cristóbal, Hidalgo, no se definió un período de lluvia estacional que influya de manera significativa en el crecimiento de la especie, únicamente el mes de diciembre del año anterior fue significativo; los meses posteriores correspondientes al año de crecimiento no mostraron una correlación significativa (Fig. 3b).

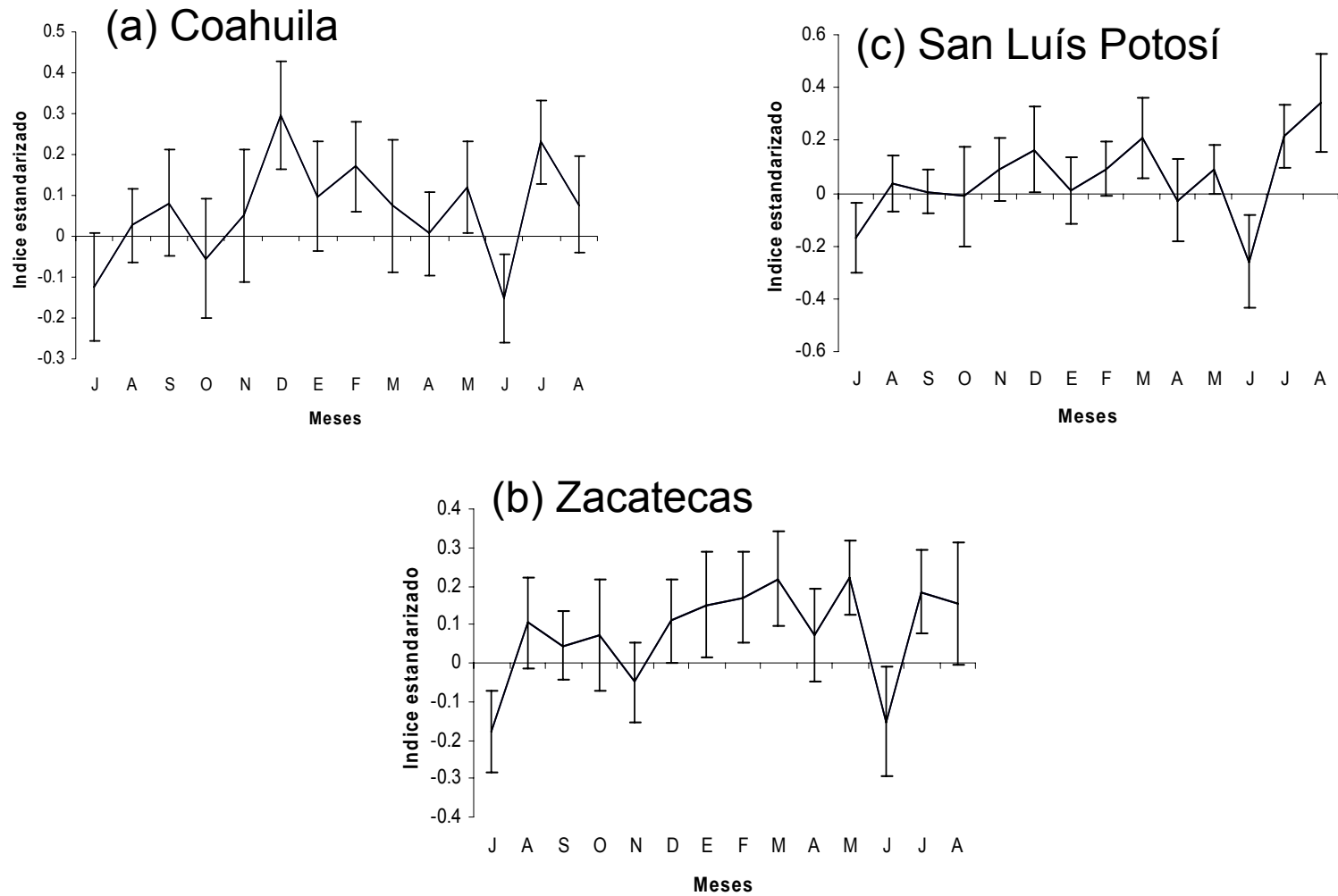


Figura 2. Función de respuesta para tres poblaciones de *Pinus pinceana* Gordon en tres estados del norte de México en los que el período de precipitación enero-julio fue significativo ( $p < 0.05$ ).

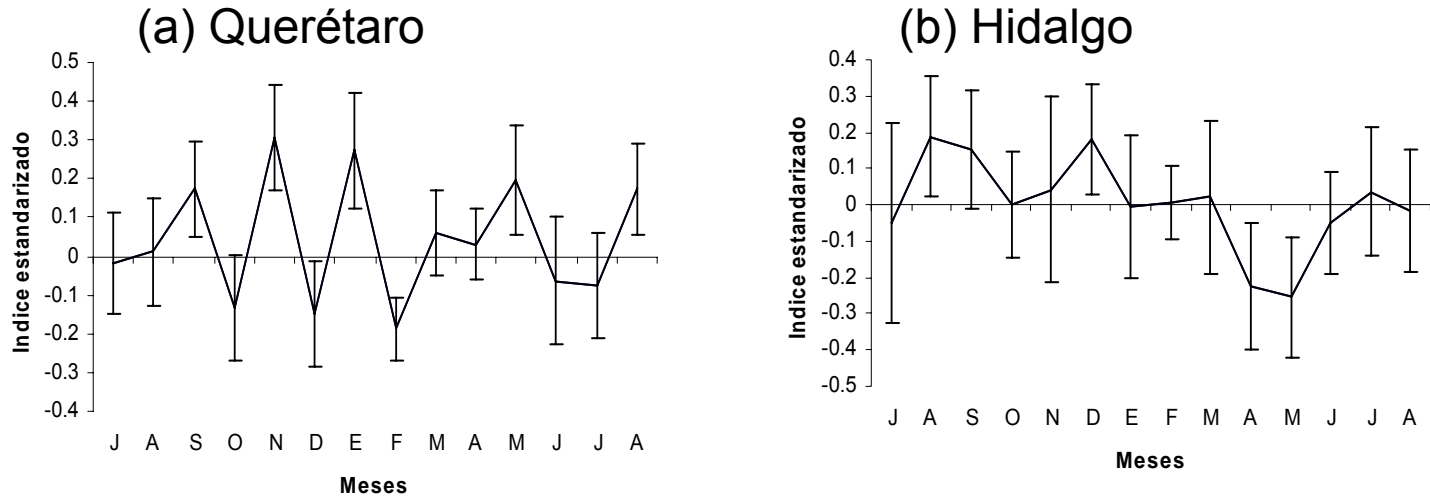


Figura 3. Función de respuesta para dos poblaciones de *Pinus pineana* Gordon en el centro de México. (a). Indica que no existe un período de precipitación que defina el crecimiento de la especie; solo los meses de enero, mayo, y agosto son significativos ( $p < 0.05$ ). (b). Indica que sólo el mes de diciembre del año anterior tiene una relación significativa ( $p < 0.05$ ) con el crecimiento de la especie. El período de enero-agosto no presenta una correlación significativa ( $p > 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

La información estadística obtenida de las poblaciones de la región centro-norte (MAT, TRI, CAN y CAR) de México indica un alto potencial de la especie para estudios dendrocronológicos.

La información obtenida de árboles de *Pinus pinceana* de los sitios del noreste y centro-norte presenta una respuesta similar a la de piñoneros y otras coníferas del norte de México que actualmente son empleadas en estudios dendrocronológicos; tal como lo demuestran los resultados de los parámetros estadísticos para *Pinus cembroides* y *Pseudotsuga menziessi* (Cerano, 2004; González-Elizondo *et al.*, 2005; Villanueva *et al.*, 2005; Constante, 2007).

Los valores de correlación obtenidos para la población PAL (0.77), son iguales a los reportados por Cerano (2004) para La Viga, El Coahuilón y Los Pilares con *Pseudotsuga menziessi* (Mirb) Franco. para la Sierra de Arteaga, Coah.

Valores de correlación de (0.74 a 0.61) en las poblaciones restantes de *Pinus pinceana* de la región centro-norte y noreste son similares a lo reportado por Constante (2007) en *Pinus cembroides* (0.72) en el Ejido Cuauhtémoc,

Saltillo, Coah. y Villanueva *et al.* (2005) con *Pseudotsuga menziessi* (0.73) en Bisaloachi, Chihuahua.

Los resultados obtenidos de sensibilidad media principalmente para las poblaciones MAT y TRI (0.69 y 0.64) fueron superiores a los reportados por Cerano (2004) para El Tarillal (0.56) y al de González-Elizondo *et al.* (2005) para el sitio Cerro Banderas, Durango (0.32) con *Pseudotsuga menziessi*. En función a estos resultados los valores de sensibilidad se consideran óptimos con fines de reconstrucciones dendroclimáticas.

En general los valores de desviación estándar en los sitios del noreste NOR (0.32) y centro-norte en TRI (0.45) son similares a los del Coahuilón (0.32), El Tarillal (0.45) (Cerano, 2004) y Cuahutémoc (0.30) (Constante, 2007).

La autocorrelación de primer orden no mostró gran diferencia entre sitios, los valores extremos en NOR (0.21) y CAN (0.29) indican que este parámetro se encuentra dentro del límite aceptable con fines dendrocronológicos, al compararlos con valores de este parámetro para la cronología de *P. menziesii* en sitios como la Viga (0.46) y Bisaloachi (0.19) (Cerano, 2004; Villanueva *et al.*, 2005).

Los resultados de la relación señal-ruido son similares entre los sitios del noreste y centro-norte (34.63 a 28.90) considerados altos en el intervalo de valores reportados para El Coahuilón (0.52) y el Tarillal (23.88). No obstante que NOR presentó el valor más bajo (14.69), un valor inferior se reportó para Los Pilares (11.93) y Cerro Barajas (10.8) y sin embargo, tiene potencial con fines dendrocronológicos, (Cerano, 2004; González-Elizondo *et al.*, 2005).

El análisis de función de respuesta para *Pinus pinceana* mostró que los crecimientos de la especie en estas áreas responden de manera significativa a la precipitación estacional de enero-julio. Esto se atribuye a que en el norte de México el crecimiento de las coníferas se encuentra influenciado por la precipitación del período invierno-primavera, al ser las lluvias de este período de baja intensidad, no logran sobrepasar la capacidad de infiltración, por lo que gran parte de ella se almacena en el suelo y puede ser aprovechada durante el inicio de la estación de crecimiento (Villanueva *et al.*, 2006).

Esto queda corroborado a través de los estudios dendrocronológicos generados de coníferas en el norte de México, donde se demuestra que especies como *Pinus cembroides* y *Pseudotsuga menziessi* responden de manera significativa a la precipitación invierno-primavera (Sthale *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2002; Pohl *et al.*, 2003; Cerano, 2004; González-Elizondo *et al.*, 2005; Villanueva *et al.*, 2006; Constante, 2007).

Los valores obtenidos de los parámetros considerados para el análisis del potencial dendrocronológico de la especie, indicaron que las poblaciones de la región centro MAG, TEP y CRI son sensibles al clima, derivado de los valores de correlación (0.69), sensibilidad media (0.54), desviación estándar (0.43) y autocorrelación de primer orden (0.24); no obstante que sus valores de relación señal-ruido se encontraron por debajo de los observados en los sitios localizados al norte; de acuerdo con Fritts (1976) y González-Elizondo *et al.* (2005); éste parámetro indica que el crecimiento de la especie se encuentra influenciado además por otro tipo de factores ambientales o antropogénicos que están afectando a los árboles de manera individual, a lo que se atribuye el que no se haya determinado un período de precipitación anual que influya de manera significativa en el crecimiento de la especie para las poblaciones del centro. A excepción de la población CRI que presenta un valor de señal-ruido más alto, señalando mayor potencial dendroclimático y que con un análisis más detallado de información climática pudiera analizarse el período de precipitación que determina el crecimiento de la especie en esta población.

## CONCLUSIONES

La especie *Pinus pinceana* mostró alto potencial para estudios dendroclimatológicos, particularmente las poblaciones de la región centro-norte y noreste de México.

El crecimiento de *Pinus pinceana* (región noreste y centro-norte) responde de manera significativa al período de precipitación estacional invierno-primavera.

Una búsqueda más minuciosa de datos meteorológicos para las poblaciones de la región centro (MAG Y CRI) puede ayudar a ampliar la red de información paleoclimática en estas áreas de distribución de la especie.

El estudio dendroclimatológico de coníferas climáticamente sensibles, especialmente de *Pinus pinceana* distribuido en la zona semiárida del noreste de México constituye una alternativa para extender la información climática en el tiempo, particularmente si consideramos la falta de datos instrumentales de estaciones hidroclimáticas, lo que limita un análisis de la disponibilidad de los recursos hídricos en estas regiones para fines de manejo y su variabilidad en el tiempo.

La presencia de árboles de *Pinus pinceana* con edades superiores a 300 años y sensibles climáticamente pudiera contribuir a fundamentar programas avocados a su conservación.



## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la beca otorgada para los estudios de Maestría en Ciencias Forestales. Al Fondo Sectorial Semarnat-Conacyt-2002-Co1-1429 por el apoyo en el trabajo de la etapa de campo. Al personal del Laboratorio de Dendrocronología del INIFAP CENID-RASPA; Ing. Julián Cerano Paredes, Ing. Roque Morán y especialmente a la Ing. Vicenta Constante García. Finalmente, a los ingenieros Armando Gómez López y Sinhué Ortega Jiménez por su apoyo en el trabajo de laboratorio.

## REFERENCIAS

- Cerano P., J. 2004. Reconstrucción de 350 años de precipitación invierno-primavera para Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 152 p.
- Constante G., V. 2007. Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera para los últimos cuatro siglos en el Ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila. Tesis, profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 72 p.
- Cook, E. R. 1987. The decomposition of tree-ring series for environmental studies. *Tree-Ring Bulletin* 47: 37-59.
- Díaz S. C., R. Touchan, T. W. Swetnam. A Tree ring reconstruction of past precipitation for Baja California Sur, México. *International Journal Climatology*. 21: 1007-1019.
- Díaz S. C., M. D. Therrell, D. W. Stahle, M. K. Cleaveland. 2002. Chihuahua (Mexico) winter-spring precipitation reconstructed from tree-rings, 1647-1992. *Climate Research*. 22:237-244.
- Fritts, H. C. 1976. *Tree-rings and climate*. Academia Press. London, England. 567p
- Fritts, H. C. 1999. An Empirical Model of the tree-ring response to monthly variations in climate. Laboratory of Tree-ring Research University of Arizona, Tucson, Arizona. U.S.A.
- González-Elizondo, M., E. Jurado, J. Návar, M. S. González-Elizondo, J. Villanueva. D., O. Aguirre y J. Jiménez. 2005. Tree-rings and climate relationships for Douglas-fir chronologies from the la Sierra Madre Occidental, Mexico: A 1681-2001 rain reconstruction. *Forest Ecology and Management* 213: 39-53.
- Grissino-Mayer, H. D. 2001. Evaluating crossdating, accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-ring Research* 57 (2): 205-221. Grissino-Mayer, H. 2003. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-Ring Research* 59(2): 63-79.

- Holmes, R. L. 1983. Computer-assited quality control in tree-ring dating measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43:69-78.
- Perry, J. P. 1991. *The pines of Mexico and Central America*. Timber Press. Portland, Oregon. U.S.A. 81 p.
- Pohl, K., M. D. Therrell, J. S. Blay, N. Ayotte, J. J. Cabrera, S. Díaz, E. Cornejo O, J. A. Elvir, M. Gonzalez E, D. Opland, J. Park, G. Pederson, S. Bernal S, Vazquez S, J. Villanueva-Díaz and D. W. Stahle. 2003. A cool season precipitation reconstruction for Saltillo, Mexico. *Tree-ring Research* 59(1): 11–19.
- Stokes M. A., y T. L. Smiley. 1968. *An introduction to the tree-ring dating*. The University of Arizona Press. U.S.A. 73 p.
- Suzán A., H., G. Sánchez R, J. G. Martínez A, S. Villa M, M. Franco. 2002. Population structure of *Pinus nelsoni* Shaw, an endemic pinyon pine in Tamaulipas, México. *Forest Ecology and Management*. 165: 193-203.
- Stahle, D. W., J. Villanueva, D, M. K. Cleveland, M. D. Therrell, G. J. Paull, B. T. Burns, W. Salinas, H. Suzán, P. Z. Fule. 2000. Recent tree-ring research in Mexico. *Dendrocronología en América Latina*. EDIUNC. Argentina. 285-305 p.
- Villanueva, D. J., D. W. Stahle, M. K. Cleveland y M. D. Therrell. 2003. Estado Actual de la Dendrocronología en México. *Ciencia Forestal en México*. 25: 5-35.
- Villanueva D. J., J. Cerano, P., D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, I. Sánchez, C. 2004. *Elementos Básicos de la Dendrocronología y sus Aplicaciones en México*. Folleto Técnico No. 2. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo. 37 p.
- Villanueva D. J., J. Cerano, P., D. W. Sthale, M. D. Therrel, M. K. Cleveland, B. H. Luckman. 2005. *Estudios paleoclimáticos en México utilizando anillos de crecimiento de especies arbóreas*. Capitulo I. Libro técnico Num. 1. Contribución al estudio de los servicios ambientales. SAGARPA, INIFAP. Pp. 7-32.
- Villanueva D. J., D. W. Stahle, B. H. Luckman, J. Cerano, P, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, E. Cornejo. O. 2006. Winter-spring precipitation

reconstructions from tree rings for northeast Mexico. *Climatic Change*. 1.1: 1-57.

Villanueva D., J., D. W. Stahle, B. H. Luckman, J. Cerano P., M. D. Therrell, R. Morán, M., M. K. Cleaveland. 2007. Potencial dendrocronológico de *Taxodium mucronatum* Ten. y acciones para su conservación en México. *Ciencia Forestal*. 32 (101): 9-37.

SEMARNAT, 1994. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL-1994. Consultada el 18 de febrero del 2008.  
[http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/sedesol\\_nom\\_059\\_ecol\\_1994.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/sedesol_nom_059_ecol_1994.pdf)